

Antti Nivakoski

**KOKOONPANOLINJAN ALKUKOKOONPANOPISTEEN  
SUUNNITTELU JA VALMISTUS**

# **KOKOONPANOLINJAN ALKUKOKOONPANOPISTEEN SUUNNITTELU JA VALMISTUS**

Antti Nivakoski  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaation suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Antti Nivakoski

Opinnäytetyön nimi: Kokoonpanolinjan alkukokoonpanopisteen suunnittelu ja valmistus

Työn ohjaaja: Timo Väyrynen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 32 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyö tehtiin Oulun Ruskon teollisuusalueella sijaitsevalle Sähkö-Rantek Oy:lle osaksi sähkömekaanisten tuotteiden tuotantolinjaa. Tuotantolinjan suunnittelu on jaettu viiteen osaan: layout, alkukokoonpano, hartsikammio, välivarasto ja loppukokoonpano, joista jokaisesta on tehty opinnäytetyö. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistuttaa kokoonpanolinjan alkukokoonpanopiste, jossa käämi esivalmistellaan ja asennetaan runkoon sekä asennetaan johtoihin liitin. Tavoitteena oli saavuttaa vähintään viiden minuutin tahtiaika linjan toimiessa sekä minimoida kokoonpanopisteen valmistuksesta aiheutuvat kustannukset.

Työpisteessä täytyi valmistella käämi johtoineen ja asentaa ne aihion runkoon sekä esilämmittää runko hartsikammiota varten. Kun suunnittelutyö oli jo käynnissä, muuttui tuotantolinjan layout. Uudessa layoutissa lämmitys tapahtui hartsikammion jälkeen välivarastossa. Vaatimuksiin lisättiin myös rungon kääntöpuolelle suoritettava liittimen asennus, ja siksi kappaletta tuli kyetä myös kääntämään. Vaatimuslistan pohjalta muodostettiin morfologinen laatikko, jossa erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja punnittiin. Kun vaihtoehtoista oli valittu paras, täytyi se suunnitella ja mallintaa Inventor 2011 -ohjelmalla.

Tuloksena opinnäytetyöstä saatiin alkukokoonpanopiste, joka sisältää käämin valmistelupöydän ja kääntöpöydän. Alkukokoonpanopisteellä on todistettavasti saavutettu viiden minuutin tahtiaika, koska kokoonpanolinjaa päästiin alustavasti testaamaan. Koko tuotantolinjan suunnittelussa on otettu huomioon Lean ja työntekijöiden ergonomia onnistuneesti muun muassa miettimällä työpisteiden korkeuksia ja vähentämällä puskurivarastoja.

---

Asiasanat: koneenpiirustus, tuotekehitys, suunnittelu

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tavoite	6
1.2 Sähkö-Rantek Oy	6
2 TYÖPISTEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	7
2.1 Esilämmitys	7
2.2 Muun linjan toiminta	8
3 SUUNNITTELUSSA HUOMIOONOTETTAVIA PERIAATTEITA	9
3.1 Ergonomia	9
3.2 Lean	10
3.2.1 JIT	10
3.2.2 TQM	11
3.2.3 TBM	11
3.2.4 Benchmarking	11
4 ALKUKOKOONPANOPISTEEN SUUNNITTELU	12
4.1 Testaukset	12
4.2 Alkukokoonpanopisteen muutokset	12
5 ALKUKOKOONPANOPISTEEN KEHITYS	13
5.1 Käämin valmistelupöytä	16
5.2 Kääntöpöytä	17
5.2.1 Nostopöytä	18
5.2.2 Apurunko	19
5.2.3 Liukujohteet	20
5.2.4 Nostovarret	21
5.2.5 Akselit ja pyörityslaipat	22
5.2.6 Sovitekappaleet	24
5.2.7 Liikkuvan nostovarren paikoituslevy	25
5.3 Kääntöpöydän käyttö	26
5.4 Lopputulos	28
6 YHTEENVETO	29

LÄHTEET

31

LIITTEET

Liite 1. Lähtötietomuistio

Liite 2. Kääntöpöydän rakenteen kokoonpanokuva

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoite

Tämä opinnäytetyö on tehty osana Sähkö-Rantek Oy:n kokoonpanolinjaprojektia, jossa suunniteltiin ja valmistettiin toimiva sähkömekaanisia laitteita tuottava kokoonpanolinja. Linjan suunnittelu on jaettu viiteen opinnäytetyöhön: layout ja materiaalivirrat (1), alkukokoonpanopiste, johon tämä työ keskittyy, alipainehartsauskammio (2), välivarasto (3) sekä loppukokoonpanopiste (4).

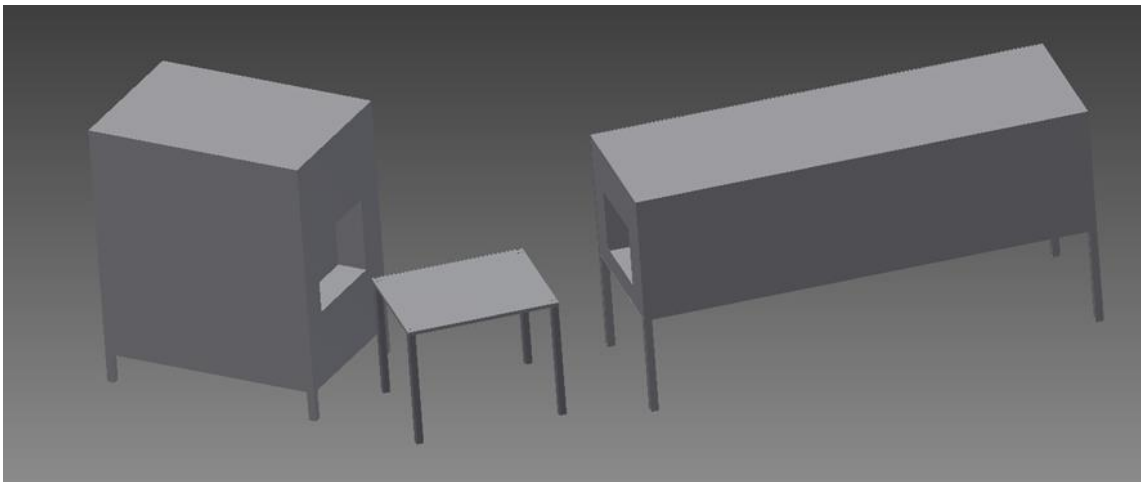
Tässä työssä suunnitellaan alkukokoonpanopiste, jossa käämi esivalmistellaan ja asennetaan runkoon sekä asennetaan liitin käämin sähköistä käyttöä varten. Alkukokoonpanopisteeltä runko siirretään alipainehartsauskammioon, jossa runkoon pursotetaan hartsi alipaineessa. Hartsauskammiosta runko siirretään edelleen välivarastoon, jossa kappaletta lämmitetään ja hartsi kovettuu. Välivarastosta kappale siirretään loppukokoonpanopisteelle, jossa loput komponentit asennetaan ja kappale testataan. (Liite 1.)

## 1.2 Sähkö-Rantek Oy

Sähkö-Rantek Oy on vuonna 1989 perustettu, noin 40 työntekijää työllistävä yritys, jonka 3 000 neliömetrin tuotantotilat sijaitsevat Oulun Ruskossa. Sähkö-Rantek Oy toimittaa käyttötarkoituksen mukaan räätälöityjä laitteita Euroopan johtaville sähkökoneteollisuusyrityksille. (5.) Rantekin erikoisosaamiseen lukeutuvat käämintä, sähkömekaaniset komponentit ja koneistus (6).

## 2 TYÖPISTEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Suunnittelutyön alussa linjan oli tarkoitus toimia siten, että alkukokoonpanopisteellä krimpattu kela asennetaan runkoon. Alkukokoonpanopisteeltä runko käämeineen siirretään esilämmitysuuniin, jossa ne lämpiävät noin 60 celsiusasteeseen. Kuvassa 1 on luonnos alkukokoonpanopisteestä. Vasemmalla on kelaakone, keskellä työpiste ja oikealla esilämmitysuuni.



*KUVA 1. Alkukokoonpanopisteen luonnos*

### 2.1 Esilämmitys

Esilämmitys on tarpeellinen hartsin kovettumisen vauhdittamiseksi. Huoneenlämpöinen kappale imee lämmön hartsista, vaikka itse hartsi olisikin esilämmitetty. Näin kylmään runkoon valettu hartsi vaatisi moninkertaisen kovettumisaian verrattuna lämmitettyyn runkoon valettuun. Nopeaan läpäisy aikaan pääseminen on TBM:n mukaan tärkeää. Lisäksi kappaleiden välivarastoinnin tarve hartsin kovettumisen ajaksi saadaan minimoitua.

Uuni on läpivirtaava, eli lämmitettävät kappaleet menevät uunin sisään yhdestä päästä ja tulevat ulos toisesta päästä. Koska kappaleiden tulee liikkua uunissa, tarvitaan uunin sisään myös kuljetin. Koska jokaisessa rungossa alapuolella on johto, tarvitaan myös jonkinlainen paletti, jonka päälle kappale asetetaan, jotta johto ei vahingoittuisi. Kappaleen lämmittäminen vaatii noin puolen tunnin uunissaoloajan.

## 2.2 Muun linjan toiminta

Uunin jälkeen kappaleet siirretään hartsauskammioon, jossa hartsaus tapahtuu alipaineessa hartsin sisään jäävien kuplien määrän minimoimiseksi. Hartsauskammiossa tietokoneohjattu suutin pursottaa hartsin kelaan.

Hartsikammioista kappaleet siirretään välivarastoon, jotta hartsi kovettuu ja kappaleet jäähtyvät. Hartsin kovettuminen vaatii näillä menetelmillä noin tunnin.

Kun hartsi on kovettunut, kappale siirtyy loppukokoonpanopisteeseen. Siellä kappaleeseen asennetaan loput komponentit ja se testataan. Lopuksi valmiit tuotteet asetetaan eurolavalle, joka toimitetaan asiakkaalle.

Tuotantolinjalle ei ole varattu tilaa muille kuin hartsin kovettumisen kannalta välttämättömälle välivarastolle. Tällä säästetään tilaa ja saavutetaan JIT:n mukainen ratkaisu. Tällä vaihtoehdolla kappaleen läpimenoaika on noin kaksi tuntia.



### 3 SUUNNITTELUSSA HUOMIOONOTETTAVIA PERIAATTEITA

Tuotantolinjan suunnittelussa on pyritty alusta alkaen Lean-periaatteiden mukaiseen ratkaisuun unohtamatta työntekijän ergonomiaa. Tilaa on käytössä rajallisesti, joten puskurivarastot haluttiin minimiin ja tuotantolinja mahdollisimman pieneen tilaan mahtuvaksi.

#### 3.1 Ergonomia

Kansainvälinen ergonomiajärjestö IEA määrittelee ergonomian alaksi, joka koostuu ihmistä tutkivista tieteistä tietoa, jolla sovelletaan töitä, systeemejä, tuotteita ja ympäristöjä ihmisten ruumiillisiin ja henkisiin kykyihin ja rajoituksiin. (7, s. 9.)

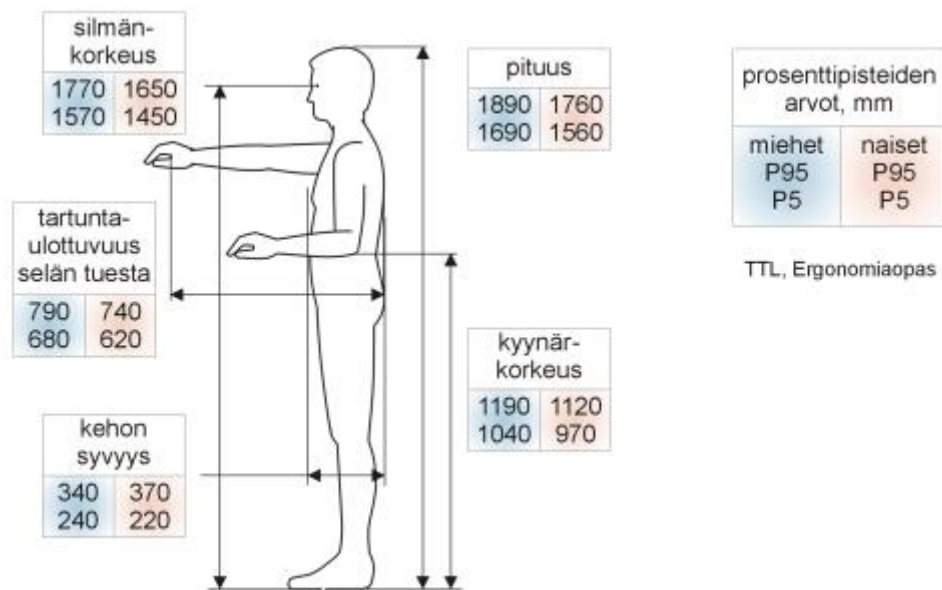
Työntekijän vahingoittumisen ja ylikuormittumisen välttämiseksi työpisteet suunnitellaan siten, että kuormitukset pysyvät kohtuullisina. Nostojen ja siirtojen helpottamiseksi työntekijän käyttöön annetaan apuvälineitä sekä heidät veloitetaan käyttämään niitä. Lisäksi työntekijöille annetaan laitteisiin käyttökoulutus. (8.)

Toistotyössä lyhyet ja samanlaiset työvaiheet toistuvat. Ne muistuttavat toisiaan kestoaltaan, voimankäytöltään ja liikkeiltään. Toistotyö aiheuttaa rasitusvammoja erityisesti, jos voimaa joudutaan käyttämään paljon tai työasennot ovat hankalia. Työn rasittavuutta voidaan vähentää työliikkeiden taajuutta, kokonaisaltitusaikaa, voimankäyttöä, työn staattisuutta ja ääriasentoja vähentämällä. (9.)

Säädettävyys ja monipuolisuus ovat ergonomisen työpisteen kannalta tärkeitä. Vaihtoehtoisia työskentelytapoja tulisi olla tarjolla ja niiden tulisi olla helposti käyttöönotettavissa. Sama työvaihe tulisi voida tehdä esimerkiksi sekä seisten, että istuen. (7, s. 58.)

Ergonomista konetta tai laitetta suunniteltaessa on otettava huomioon tarkoitettujen käyttäjäryhmien todennäköiset mitat, voimat ja asennot, liikkeiden laajuus ja jaksottaisten toimien taajuus. Kuormittavia asentoja ja liikkeitä vältetään käytön aikana. (7, s. 15–16.)

Kuvassa 2 on esiteltynä suurimpaan pituuteen ojentautuneena suomalaisten miesten ja naisten suuret (P95) ja pienet (P5) mitat, jotka ovat eri tutkimuksiin perustuvia arviolukuja. P95-mittaa suurempia ovat vielä 5 % ihmisistä ja P5-mittaa pienempiä on 5 % ihmisistä. Rennossa työasennossa selän pituus lyhenee, pienentäen muun muassa kyynärkorkeuden mitta. (10, s. 21 - 22.) Koonpanolinjan työntekijät vastaavat pituuksiltaan hyvin P95- ja P5-mittoja, sillä työntekijöiden pituudet vaihtelevat välillä 155 - 190 cm.



KUVA 2. Suomalaisten miesten ja naisten P95- ja P5-mitat (11)

### 3.2 Lean

Lean on toimintatapa, joka kattaa koko yrityksen toiminnan ja kuvaa yrityksen toimintamalleja kokonaisuutena. Lean on säästeliästä ja kevyttä, sillä se käyttää resursseja vähemmän kuin massatuotanto. Lean pyrkii täydellisyyteen, vaikka se ei olisikaan saavutettavissa. Kustannuksia pyritään alentamaan jatkuvasti, varastoja vältetään ja virheet pyritään minimoimaan. Kysyntään pyritään vastaamaan loputtomasti. Lean perustuu japanilaisiin tuotantofilosofioihin, kuten JIT, TBM, TQM ja benchmarking. (12, s.165 - 166.)

#### 3.2.1 JIT

JIT, joka tulee englannin kielen sanoista "just in time", on tunnettu suomen kielessä myös lyhenteellä JOT, "juuri oikeaan tarpeeseen". JIT pyrkii tuottamaan

asiakkaan haluamia tuotteita juuri asiakkaan haluaman määrän välittömästi minimoiden tuotteen läpäisyajan. Se pyrkii tuottamaan virheetöntä laatua resursseja säästäen ja niin, että henkilöstöllä on mahdollisuus kehittyä. (12, s. 21 - 22.)

### **3.2.2 TQM**

TQM, joka tulee englannin kielen sanoista "total quality management", on tunnettu suomen kielessä kokonaisvaltaisena laatujohtamisena. TQM:n taustalla on ajatus siitä, että laatu on yrityksen tärkein tekijä ja koko yrityksen henkilöstön tärkein prioriteetti. (12, s. 71 - 72.)

### **3.2.3 TBM**

TBM, joka tulee englannin kielen sanoista "time based management", on tunnettu suomen kielessä aikaperusteisena johtamisena. TBM:ssä aika on tärkein resurssi. Siinä pyritään minimoimaan tuotekehitykseen, tuotteiden valmistukseen ja jakeluun kulunut aika. (12, s. 133.)

### **3.2.4 Benchmarking**

Benchmarking on lyhyesti itseään paremmilta oppimiseen perustuva toimintatapa. Sen perusajatuksena on verrata omaa toimintaa parhaaseen mahdolliseen, oppia siitä ja tulla itse parhaaksi. (12, s. 103.)

## 4 ALKUKOKOONPANOPISTEEN SUUNNITTELU

Suunnittelutyön ollessa jo käynnissä nousi esiin idea siitä, että esilämmitys vaihdettaisiin hartsauksen jälkeen tapahtuvaan lämmitykseen välivarastossa. Eduksi tälle toimintatavalle voitaneen laskea sekä tilaa vievän uunin että paletin tarpeen poistuminen. Lisäksi JIT- ja TBM-toimintatapojen mukaisesti kappaleen läpimenoaika lyhenee huomattavasti, kun kappaleen ei tarvitse olla ennen hartsausta puolta tuntia uunissa ja hartsauksen jälkeen jäähtyä noin tuntia välivarastossa. Uusi läpimenoaika voisi olla noin tunnin mittainen, jos alku- ja loppukokoonpanopisteillä sekä hartsikammiolla päästään viiden minuutin tahtiaan. Päätöksen tekeminen vaati lukuisia testejä, joissa tarkkailtiin hartsin kovettumista ja leviämistä.

### 4.1 Testaukset

Testauksissa pienimmän mallin lämmitysajaksi tarkentui 30 minuuttia ja suurimman 45 minuuttia. Kappaleet olivat näiden lämmitysaikojen jälkeen käsiteltävissä ohuiden hansikkaiden kanssa, eli valmiita loppukokoonpanopisteelle.

Kun testien tulokset näyttivät lupaavilta, ryhdyttiin linjaa suunnittelemaan uudelta pohjalta. Kriittisimmät muutokset ovat tilaa vievän esilämmitysuunin poistuminen, koska hartsi kovetetaan välivarastossa.

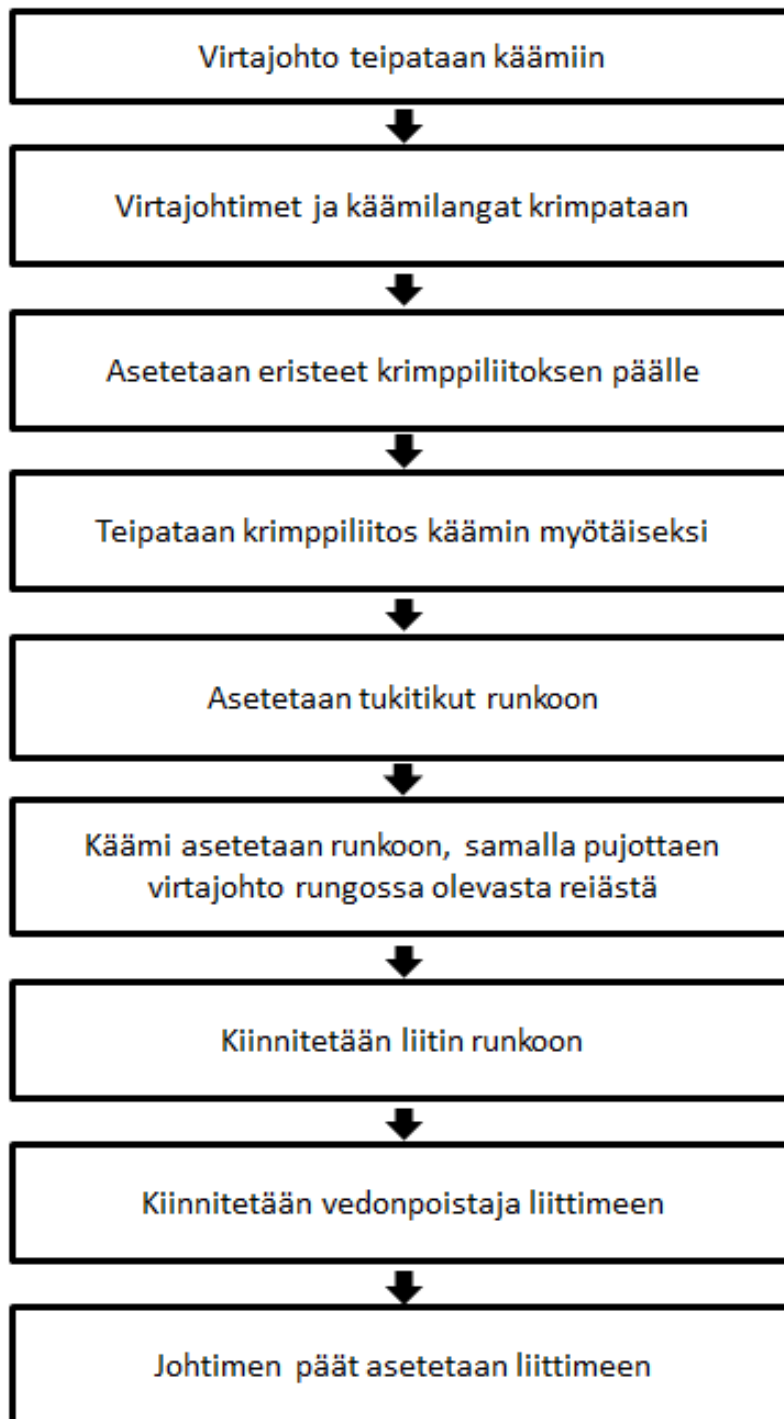
### 4.2 Alkukokoonpanopisteen muutokset

Alkukokoonpanopisteen suunnittelu muuttui suurilta osin, sillä uunin suunnittelu-työ jäi kokonaan pois. Sen sijaan ongelmana oli, että aiemmin runkoon pystytettiin tekemään tarvittavat toimenpiteet ylhäältä päin, mutta nyt liittimen asennus vaadittiin jo alkukokoonpanossa. Liitin asennetaan rungon alapuolelle, joten täytyi suunnitella alkukokoonpanopiste, jossa kappaletta pystytään kääntämään.

## 5 ALKUKOKOONPANOPISTEEN KEHITYS

Tuotteen kehittämisessä lähdetään liikkeelle tuotteelle asetetuista vaatimuksista ja toiveista. Tämän voi tehdä haastatteluiden, asiakaspalautteen tai markkinatutkimuksen pohjalta. Vaatimukset kootaan tuotespesifikaatioon. Tuotespesifikaatio voi olla vaatimuslista, laatukaavio tai benchmarking. Vaatimuslistassa halutut ominaisuudet on koottuna konkreettisesti ja selkokielisesti. Laatukaaviossa asiakkaan vaatimukset on priorisoitu. Benchmarkingissa tuotetta verrataan kilpailijoiden tuotteisiin. (13.)

Aluksi täytyi kartoittaa, mitä työvaiheita alkukokoonpanopisteellä suoritetaan. Alkukokoonpanopisteessä automaattisesti toimivan kelakoneen valmistamaan käämiin liitetään aluksi johto krimpiliitoksella. Tämän jälkeen johto teipataan käämiin johtimiin kohdistuvan rasituksen estämiseksi sekä pitämään krimpiliitokset ja johdot sähköisesti erillään rungosta. Käämi johtoineen asetetaan rungossa olevaan kelaan varmistaen samalla, että käämi on riittävän etäällä rungosta. Seuraavaksi johdon päähän asennetaan liitin, joka kiinnitetään runkoon ruuveilla. Kuvassa 2 on alkukokoonpanopisteen prosessikaavio.



KUVA 3. Alkukokoonpanopisteen prosessikaavio

Kun tarvittavat työvaiheet oli kartoitettu, keskityttiin kokoamaan kaikki alkukokoonpanopisteelle tärkeät vaatimukset samaan taulukkoon, tässä tapauksessa vaatimuslistaan (taulukko 1). Vaatimuslistassa on koottuna tuotteelle asetetut vaatimukset ja ne on priorisoitu sen mukaan, ovatko ne kiinteitä vaatimuksia (KV), vähimmäisvaatimuksia (VV) vai toiveita (T). Kiinteät vaatimukset eivät

muutu ja tuotteen on täytettävä ne. Vähimmäisvaatimukset voidaan ylittää ja toiveiden täyttyminen ei ole välttämätöntä.

TAULUKKO 1. Tuotantolinjan alkukokoonpanopisteen vaatimuslista

Alkukokoonpanopisteen vaatimukset		
KV, VV, T	VAATIMUS	Tärkeys
	<b>1. SUORITETUT TOIMENPITEET</b>	
KV	Johdon krimpkaus kelaan	
KV	Teippien asennus	
KV	Kelan asennus runkoon	
KV	Liittimen asennus runkoon	
	<b>1. GEOMETRIA</b>	
KV	Kappale ei kolhiinnu	XX
KV	Hallinta- ja säätölaitteiden sijoittelu järkevästi	
T	Hiljainen	
	<b>2. VOIMAT</b>	
KV	Ei raskaita nostoja työntekijälle	XX
	<b>5. TURVALLISUUS</b>	
KV	Ei kaatumis-/putoamisvaaraa	XXX
VV	Koneen tuenta tulee olla riittävän laaja	
	<b>6. VALMISTUS</b>	
VV	Mahdollisimman paljon standardiosia	
T	Yksinkertainen rakenne	
	<b>8. KÄYTTÖ</b>	
VV	Tahtiaika 5 min	XXX
KV	Käyttö ergonomista	
T	Tahtiaika 3 min	XX
	<b>9. KUNNOSSAPITO</b>	
T	Laitteisto ei vaadi jatkuvaa kunnossapitoa	
	<b>10. KUSTANNUKSET</b>	
T	Alhaiset valmistuskustannukset	XX
	KV=Kiinteä vaatimus	
	VV=Vähimmäisvaatimus	
	T=Toivomus	

Kun alkukokoonpanopisteellä suoritettavat toimenpiteet ja sen vaatimukset oli saatu kartoitettua, oli aika miettiä, millainen työpisteestä tulisi. Tilankäytön ja yleisen toimivuuden takia tulin siihen tulokseen, että alkukokoonpanopiste sisältää kaksi osaa: pöydän, jolla käämi esivalmistellaan, ja toisen pöydän, jolla käämi asetetaan runkoon. Lisäksi kelakone, joka valmistaa käämit, on sijoitettava lähelle työpistettä.

## **5.1 Käämin valmistelupöytä**

Käämin valmistelupöydällä on krimppauskone ja teippiteline. Käämi liukuu kourua pitkin kelakoneelta pöydän alle, josta operaattori poimii sen ja suorittaa krimppauksen tarvittavat teippaukset. Näiden toimenpiteiden jälkeen käämi on valmis asennettavaksi runkoon.

Koska varastossa oli runsaasti sähköllä toimivia nostopöytiä käyttämättöminä, olisi pöydän rungon suunnittelu ja valmistuttaminen ollut kalliimpaa joka tapauksessa. Lisäksi työpisteestä saadaan korkeussäädettävä 75 - 105 cm välillä, mikä on ergonomian kannalta hyvä asia.

Käämin valmistelupöytä on käytännössä nostopöydän päälle pultein kiinnitetty vanerilevy, jonka mitat ovat 60 x 80 cm. Vanerilevyn päällä on krimppauskone ja teline teippirullalle.

Krimppauskone on puoliautomaattinen, eli johto ja käämin pää asetetaan rinnakkain krimppauskoneeseen. Tämän jälkeen operaattori painaa poljinta, joka saa krimppauskoneen tekemään työkierron, jossa johto ja käämin pää puristetaan krimpun sisään. Koska uudet laitteet olivat kalliita ja varastosta sattui löytymään vanha krimppauskone, päätettiin se ottaa käyttöön.

Lopullisessa tuotteessa käämi on sähköisesti eristetty rungosta. Käytännössä tämä ja käämin johtimen eri kierrosten välinen eristys voidaan testata läpilyöntitesterillä hieman yli 2 000 voltin jännitteellä. Näin varmistetaan se, että viallinen tuote havaitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, eikä se turhaan kuormita muita työpisteitä. Tämä toimintatapa on myös TQM:n oppien mukainen.



## 5.2 Kääntöpöytä

Rungot tulevat alkukokoonpanopisteelle maalattuina, eikä maalipintaa saa vahingoittaa. Lisäksi kappaleelle täytyy kyetä asentamaan käämi ja kappaleen toisella puolella oleva liitin, minkä vuoksi runkoa tulee voida kääntää. Tuotesarjan suurin runko painaa yli 20 kg, joten koko taakkaa ei ole ergonomista nostaa ja kääntää käsivoimin.

Tuotantotiloissa on käytettävissä sähköä, paineilmaa ja hydraulikkaa. Teräs, alumiini ja ruostumaton teräs ovat helposti saatavia materiaaleja, mutta tavallinen rakenneteräs on pintakäsiteltävä, jotta se pysyy puhtaan näköisenä. Mahdolliset vaihtoehdot toteutukselle on koottu taulukkoon 2 eli morfologiseen laatikkoon.

TAULUKKO 2. Kääntöpöydän morfologinen laatikko

Morfologinen laatikko				
	1	2	3	4
Käyttövoima	Käsin	Sähkö	Paineilma	Hydrauliikka
Rakenne	Oma runkolla	Nostopöytää hyödyntävä		
Materiaali	Teräs	Alumiini	Ruostumaton teräs	
Standardiosat	Ei standardiosia	Paljon standardiosia		
Kiinnitys kappaleeseen	Molemmista päistä	Kappale lepää tasolla	Magneettikiinnitys	
Pintakäsittely	Ei käsittelyä	Maalattu	Eloksointi	
Rakenteellinen turvallisuus	Tukeva rakenne	Turvallaitteet		

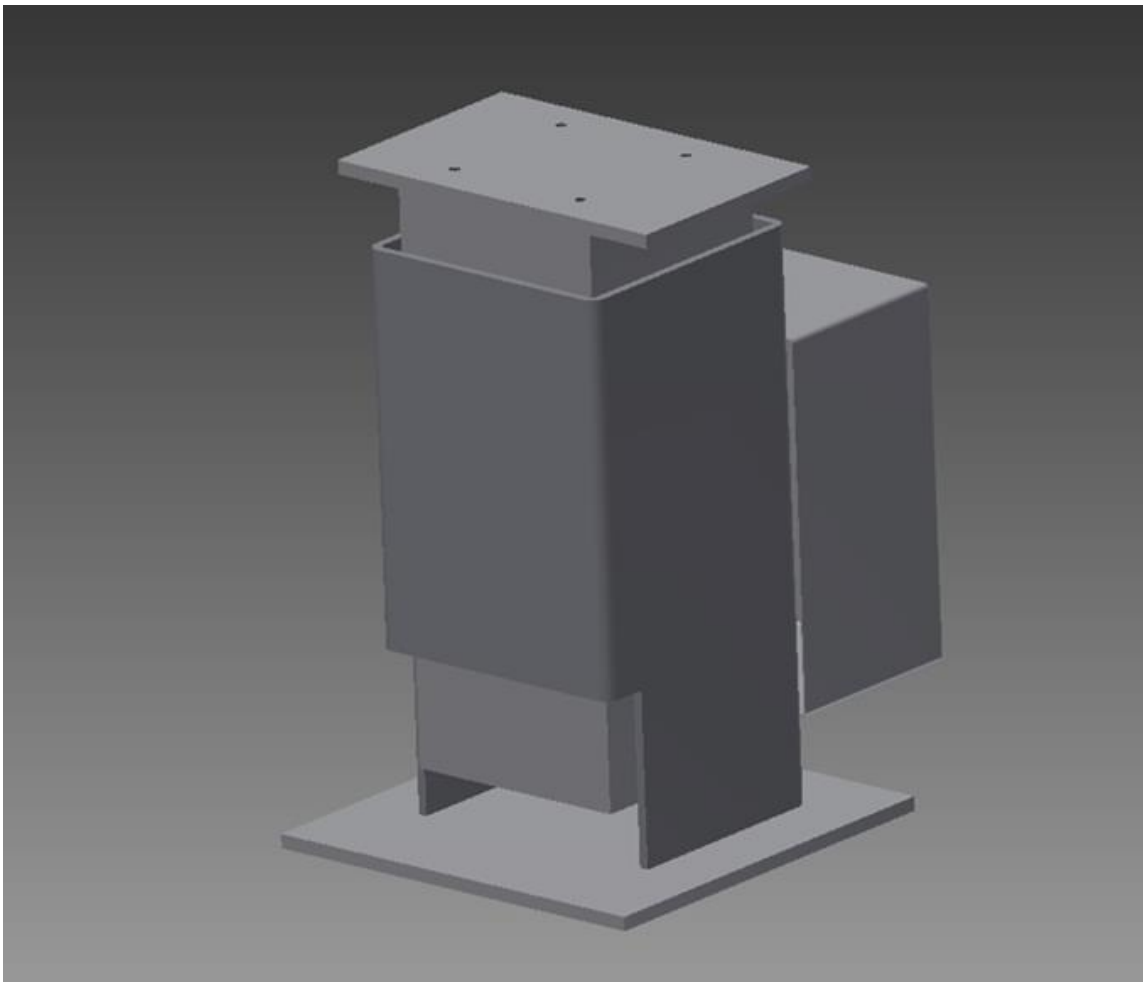
Ensimmäisessä ja toisessa vaihtoehdossa kappale käännetään käsin. Laite on valmistettu maalatusta teräksestä ja siinä on oma runko. Ensimmäisen vaihtoehdon kaikki osat suunnitellaan itse, kun taas toisessa vaihtoehdossa käytetään standardiosia. Kappaletta ei kiinnitetä mihinkään, vaan se lasketaan tasolle.

Kolmannessa vaihtoehdossa kappaleen kääntö tapahtuu työntekijän käsivoimin, kuitenkin siten, että kappaleen paino lepää apulaitteen varassa. Runko-osana käytetään varastosta löytyvää nostopöytää. Rakenne on valmistettu teräksestä, joka maalataan. Rakenteen valmistuksessa hyödynnetään standardiosia.

Kolmas vaihtoehto todettiin parhaaksi, koska kappaleen maalipinta on helpompi suojata. Lisäksi huoltoa ajatellen standardiosat ovat helppoja vaihtaa. Nostopöydän käyttäminen runko-osana mahdollistaa helpon ja nopean korkeuden säädön ergonomiassa silmällä pitäen. Ensimmäisen vaihtoehdon pelkästään käsin tapahtuva kääntö rasittaa toistotyössä työntekijää kohtuuttomasti eikä siis ole ergonomista. Ensimmäisen ja toisen vaihtoehdon rungon suunnittelu vaatisi paljon aikaa, jos lopputuloksena halutaan ergonominen työpiste.

### 5.2.1 Nostopöytä

Jotta varastossa olevia nostopöytiä pystyttiin hyödyntämään kääntöpöydän suunnittelussa, täytyi sellaisesta tehdä ensin 3D-malli, joka on kuvassa 4. Mallin luominen onnistui ottamalla tarvittavat mitat varastossa olevasta nostopöydästä ja niiden pohjalta piirtämällä Inventorilla.



*KUVA 4. Nostopöydän 3D-malli*

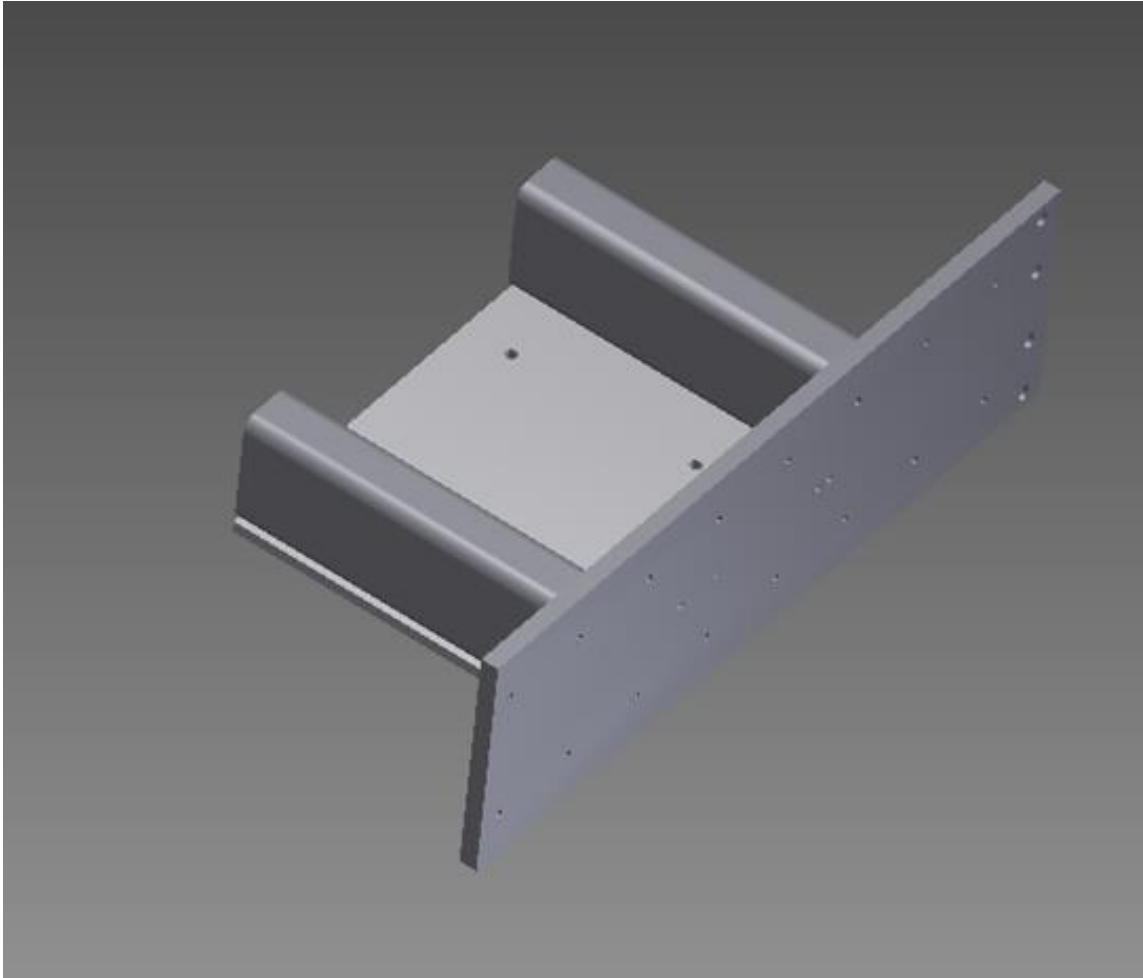
Nostopöydässä on jalkaosaa, joka tulee lattiaan kiinni. Jalkaosan sisällä on pysäytysuunnassa liikkuva luisti. Luistin päässä on taso, jossa on kierrereiat pulteille, joilla nostopöytään voidaan kiinnittää haluttu laite. Jalkaosassa on kiinni myös sähkökaappi, jonka vaatii sähkömoottori, joka pyörittää kuularuuvia.

Valmiiden nostopöytien käyttöön liittyy monia etuja. Valmistettavien osien määrä putoaa, varastotilaa saadaan vapautettua ja lisäksi nostopöydän rakenne on vankka ja luotettavaksi todettu.

### **5.2.2 Apurunko**

Apurunko tarvitaan liitoskohdaksi nostopöydän ja muun laitteiston välille. Lisäksi se tuo kappaletta lähemmäs työntekijää eikä työntekijän tarvitse ojentaa käsiään kohtuuttoman kauas työvaiheen suorittamiseksi.

Apurunko (kuva 4) on hitsattu rakenne, joka on kiinnitetty neljällä pultilla nostopöytään. Etupinta vaatii koneistuksen, koska liukujohde on kiinnitettävä suoralle pinnalle.



*KUVA 5. Kääntöpöydän apurungon 3D-malli*

Etupinnassa on myös kunkin mallin mittojen mukaan sijoitellut paikoitusreiät, joihin liikkuvan nostovarren indeksitappi asettuu. Paikoitusreiät muotoiltiin lisäksi siten, että liikkuva nostovarsi liukuu kiinni ilman, että työntekijän tarvitsee koskea indeksitappiin. Toiseen suuntaan liikuttaminen vaatii indeksitapin vapauttamisen.

### **5.2.3 Liukujohteet**

Rakenteeseen tarvitaan liukujohteet, jotta toinen nostovarsi saadaan liikkuvaksi. Nostovarsien väliä tulee pystyä säätämään, koska eri mallien mitat poikkeavat toisistaan. Lisäksi samalla kappale saadaan kiinnitettyä työpisteeseen ja irrotettua siitä helposti.

Varastosta löytyi liukujohteita ja toiveena oli, että niitä voitaisiin käyttää. Ensin tuli selvittää johteiden malli ja etsiä valmistajan määrittämät kantokyvyt johteille ja liukukelkoille. Kuulakelkan malliksi selvisi Bosch-Rexroth FNS-30.

Koska kelkkoja on pystysuunnassa kaksi, aiheutuu ylempään veto- ja alempaan puristusvoima. Kuulakelkat ovat 116 mm etäisyydellä toisistaan. Yksi kelkka kestää dynaamista kuormaa 31 700 N (14). Kappaleen aiheuttaman momentin kestävyys voidaan laskea kaavalla 1 (15, s. 93).

$$M=F \cdot r$$

KAAVA 1.

F = voima

r = voiman vaikutussuoran etäisyys akselist

$$M=31700\text{N} \cdot 0,116\text{m}=3677,2\text{Nm}$$

Käyttötilanteessa 60 kg painoinen kappale aiheuttaa 588,6 N voiman, joka voi erikoistilanteessa kohdistua pelkästään toiseen kannatinrautaan ja siten sivuttaisliikkeen kuulakelkoihin. Kannatinraudan ja kuulakelkan välistä akselin keskipisteeseen, johon kappale kiinnitetään, on 17,5 cm matka. Vääntömomentti lasketaan kaavalla 1.

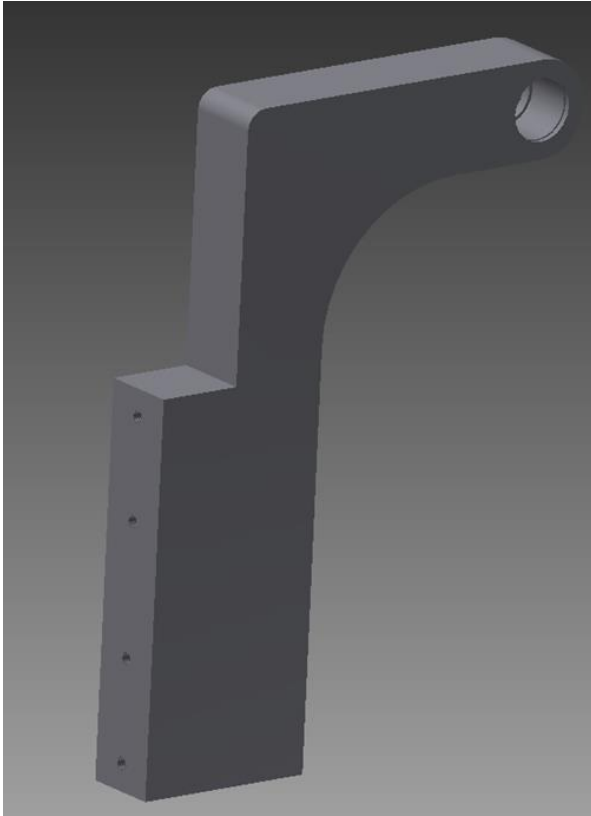
$$M=588,6\text{N} \cdot 0,175\text{m}=103,01\text{ Nm}$$

Varmuutta lisää se, että kelkkoja on kaksi, eli kestävyys on karkeasti kaksinkertainen. Valittu kuulakelkka kestää johteensuuntaista dynaamista momenttia 540 Nm, joten tältä osin varmuus on kunnossa.

#### 5.2.4 Nostovarret

Nostovarret tarvitaan siksi, että kappaletta saadaan tuotua entistä lähemmäs työntekijää. Lisäksi kappale täytyy saada etäämmälle apurungosta, jotta se mahtuu pyörimään. Koska nostopöydän maksimikorkeus ei riitä kaikille työntekijöille, tarvitaan myös siirtymää pystysuunnassa nostopöydän pintatasoon nähdä.

Nostovarret ovat rakenteeltaan samankaltaisia. Kiinteä nostovarsi (kuva 6) kiinnitetään apurunkoon pulttiliitoksin, kun taas liikkuva nostovarsi kiinnittyy liukukelkkoihin. Nostovarsien päissä on laakeripesät, joihin laakerit ja akseli tulevat. Laakerit on lukittu pesään lukkorengaalla. Liikkuvassa nostovarressa on myös kierrereikä, jossa on pyörimisliikkeen lukitseva indeksitappi.

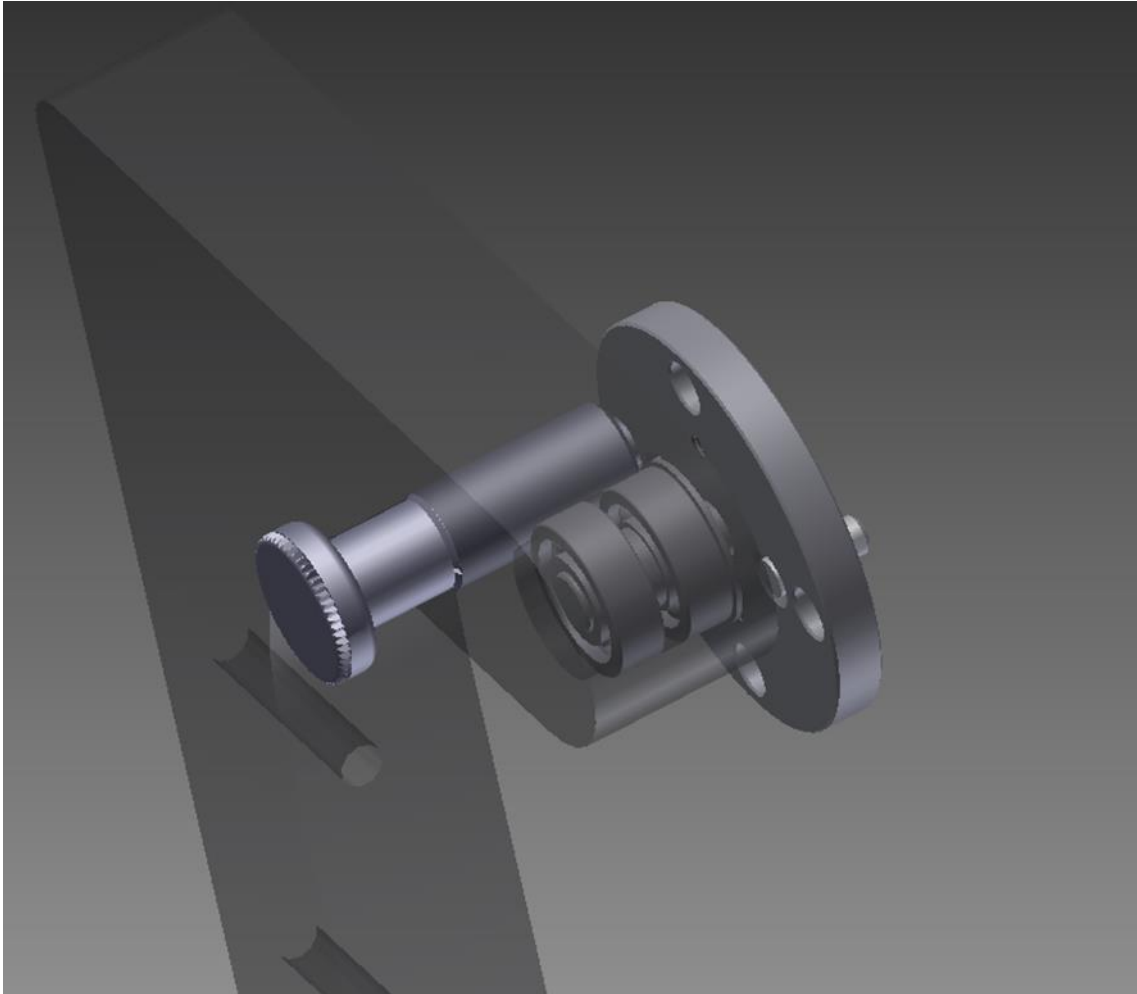


*KUVA 6. Kiinteän nostovarren 3D-malli*

### **5.2.5 Akselit ja pyörityslaipat**

Koska kappaletta täytyy kyetä pyörittämään liittimen asettamisen mahdollistamiseksi, tarvitaan akselit, joiden välityksellä kappaleen paino saadaan välitettyä nostovarsiin. Jotta pyörittäminen onnistuu mahdollisimman pienellä voimalla, tarvitaan laakerointi.

Akselit kiinnittyvät nostovarsien laakeripesiin siten, että akselin keskikohdalla olevan olakkeen molemmille puolille tulee laakerit, jotka ovat nostovarsien laakeripesissä. Kuvassa 7 on laakereiden, akselin, lukkorengaon, indeksitapin, nostovarren ja kiinnityslaipan kokoonpano.



*KUVA 7. Liikkuvan nostovarren kokoonpano*

Kääntöakselin kuulalaakeriksi valittiin SKF 6201 sen halvan hinnan ja saatavuuden takia. Mitoituksessa käytetään staattisen kuorman kestokykyä, koska pyörimisnopeudet ovat hitaita ja laakerit pysyvät ajoittain paikoillaan kuormituksen alaisina. Sen staattisen kuorman kestokyky on 3,1 kN (16). 60 kg:n painoinen kappale aiheuttaa 588,6 N:n voiman.

Pyörityslaipat ovat tarpeen, jotta sovitekappaleet saadaan kiinnitettyä akseleihin. Indeksitapin ja laipassa olevien reikien avulla kappaleen pyöriminen saadaan lukittua työvaiheiden suorittamisen ajaksi. Pyörityslaipat kiinnittyvät akseliin kierteellä. Laipassa on kaksi perästä hitsattua tappia, joihin sovitekuppi paikoittuu, sekä kummallakin puolella kierreleikki adapterikupin lukitusta varten.

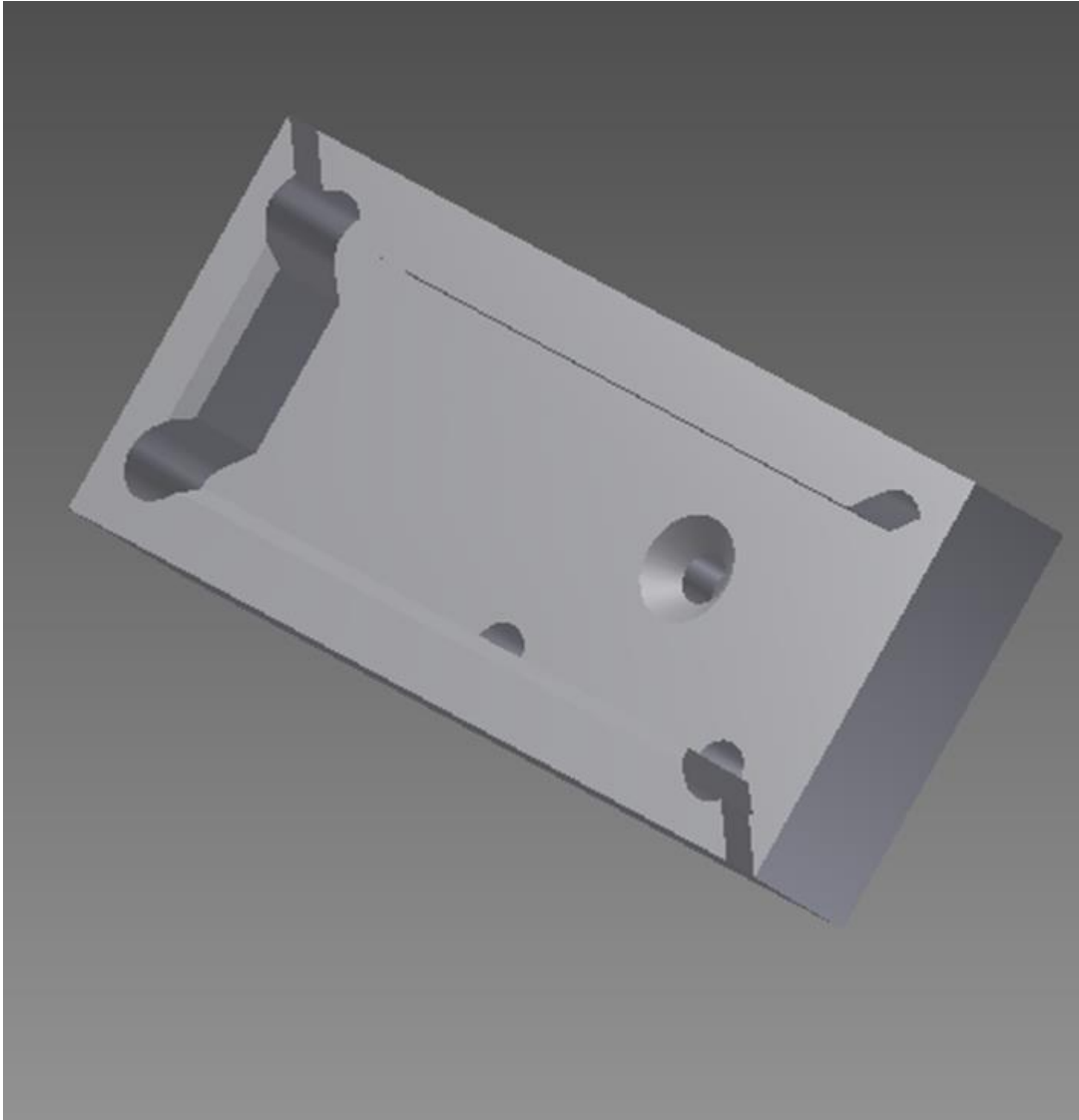
### 5.2.6 Sovitekappaleet

Koska valmistettavia tuotteita on yhteensä viisi ja niiden mitat poikkeavat toisistaan, tarvitaan molemmille puolille adapterit, joilla runko saadaan tukevasti kiinni kääntöpöytään. Kasattavista malleista kaksi oli keskenään niin samankaltaisia, että samat sovitteet toimivat molemmissa. Sovitekappaleita on siis yhteensä neljä paria. Sovitekappaleet ovat muodoiltaan samanlaisia, mutta poikkeavat poteron mittojen ja kiinnitysreikien sijainnin osalta.

Sovitekappaleiden mitoituksessa on otettu huomioon kunkin rungon painopiste, jotta rungon painopiste on pyörähdysakselilla, sekä korvakoiden mitat. Tämä mahdollistaa kääntämisen rasittamatta työntekijää. Painopisteen sijainti on määritetty Inventor 2011 -ohjelmalla.

Takaapäin porattuihin reikiin tulee kiinnityslaipassa olevat paikoitustapit, joiden varassa kuppi on kiinni. Edestä porattuun viistettyyn reikään mahtuu uppokantaruuvi, jolla sovitekappale lukitaan laippaan. Kahden seinämän korkeutta on pienennetty rungon paikoituksen helpottamiseksi. Kuvassa 8 on suurimman tuotantolinjalla koottavan mallin sovitekappaleen 3D-kuva.

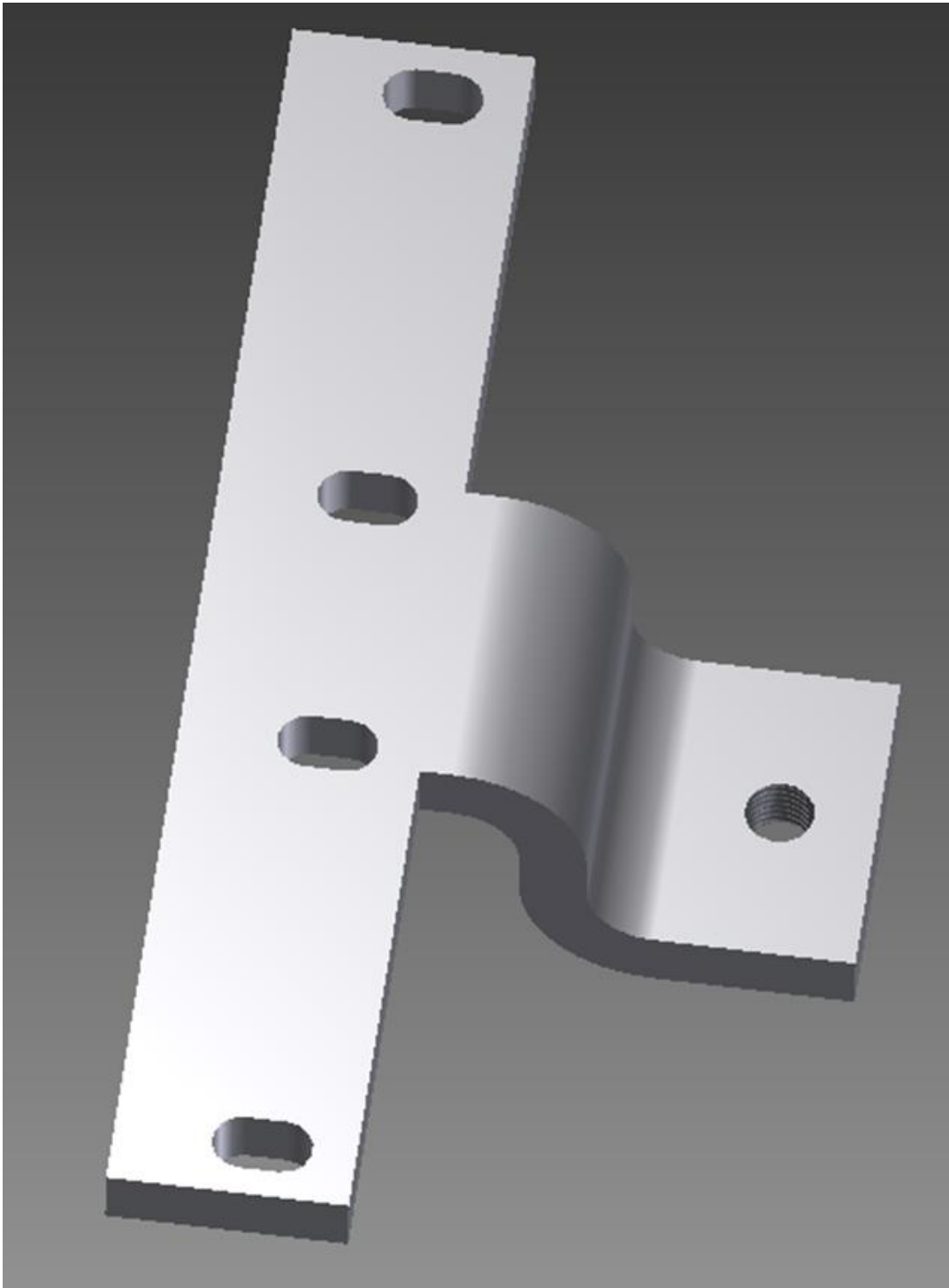




*KUVA 8. Suurimman mallin sovitekappaleen 3D-malli*

### **5.2.7 Liikkuvan nostovarren paikoituslevy**

Liikkuvan nostovarren paikoituslevyyn (kuva 9) kiinnitetään indeksitappi, jolla liikkuva nostovarsi saadaan lukittua paikoilleen työvaiheiden suorittamisen ajaksi. Paikoituslevy kiinnittyy pulteilla liukukelkkoihin, joissa myös liikkuva nostovarsi on kiinni. Säädetävyyttä silmällä pitäen paikoituslevyn pulttien reiät ovat ovaalin muotoiset, joten pultit voi kiristää eri kohtiin ja näin säätää liikkuvan nostovarren asemaa apurungossa oleviin paikoitusreikiin nähden.

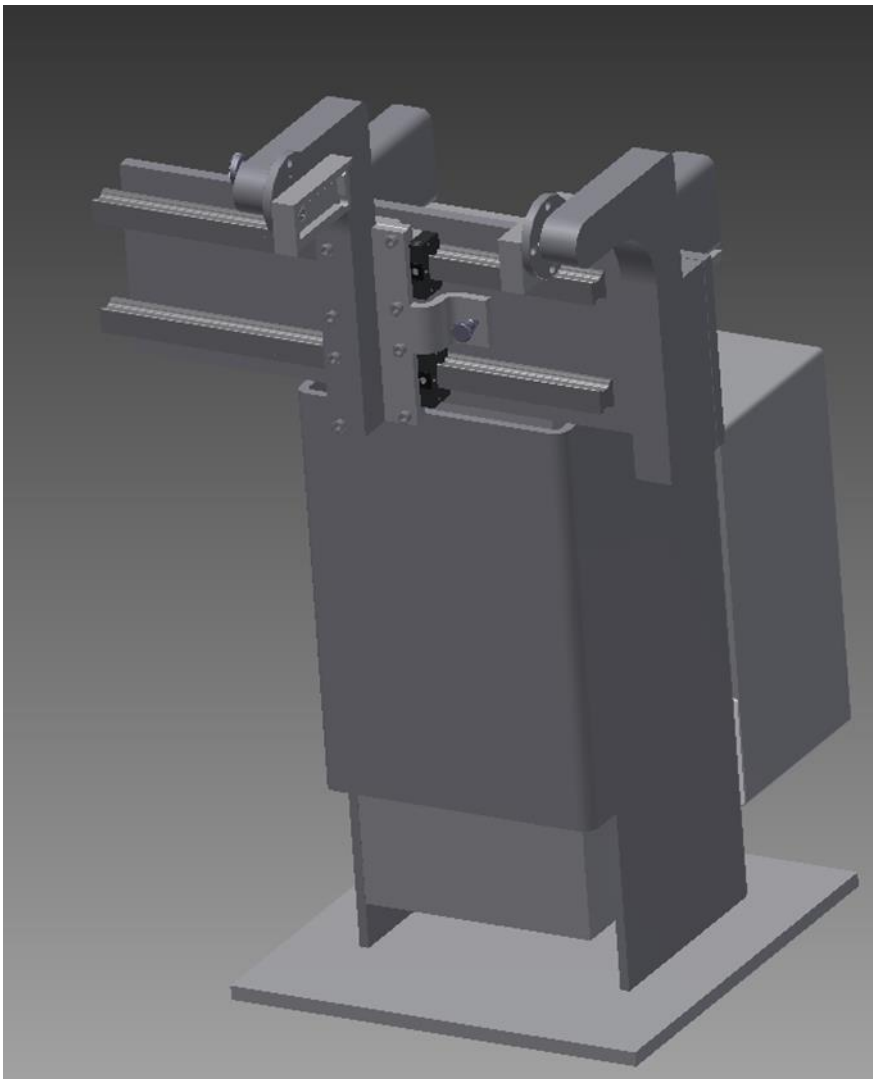


*KUVA 9. Liikkuvan nostovarren paikoituslevy*

### **5.3 Kääntöpöydän käyttö**

Kääntöpöytä (kuva 10) toimii siten, että operaattori asettaa rungon nostimella nostovarsien päissä olevien, mallikohtaisten adapterikuppien varaan ja työntää liikkuvan nostovarren siten, että sivuttaisliikkeen indeksitappi lukitsee liikkuvan

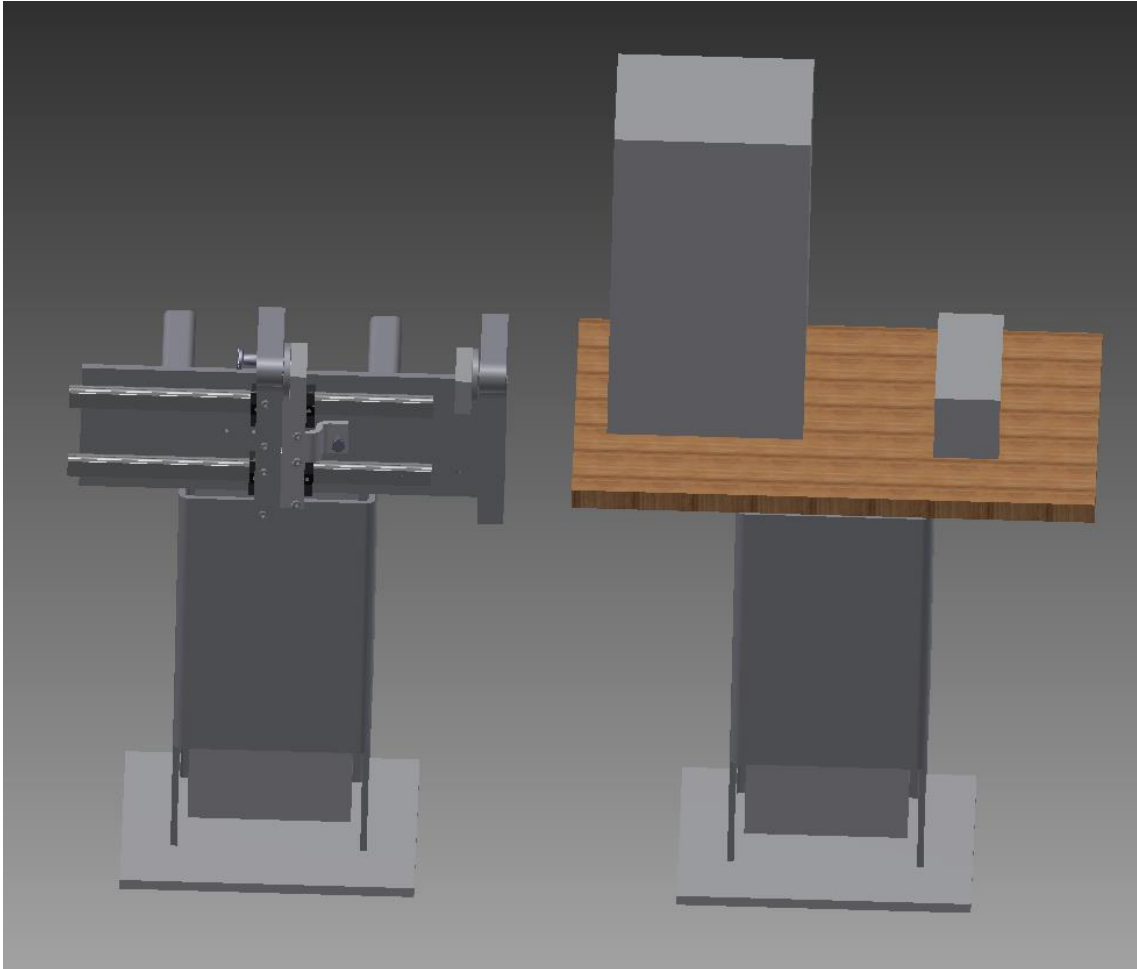
nostovarren paikoilleen. Näin kappale ei pääse putoamaan työvaiheiden aikana. Tämän jälkeen asennetaan esivalmisteltu käämi rungossa olevaan uraan. Seuraavaksi vapautetaan pyörimisliikkeen estävä indeksitappi ja käännetään runko ylösalaisin liittimen asennusta varten. Liittimen asennuksen jälkeen pyörimisliikkeen indeksitappi jälleen vapautetaan ja kappale käännetään samaan asentoon kuin lähtötilanteessa. Nyt runko käämeineen voidaan nostaa nostimella hartsi-kammioon.



*KUVA 10. Kääntöpöydän 3D-malli*

## 5.4 Lopputulos

Kuvassa 10 on alkukokoonpanopisteen 3D-malli. Oikealla käämin valmistuspöytä, jonka päälle on asetettu krimpapauskone ja teippiteline. Vasemmalla puolella on kääntöpöytä.



*KUVA 11. Alkukokoonpanopiste*

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja valmistutettiin toimiva alkukokoonpanopiste kokoonpanolinjaan. Alkukokoonpanopiste vastaa vaatimuslistaan koottuja vaatimuksia hyvin. Jopa toiveena ollut kolmen minuutin tahtiaika on saavutettavissa riippuen operaattorista. Aikataulu oli tiukka, mutta kokoonpanopiste saatiin kootua ajallaan.

Aluksi ongelmaan täytyi tutustua ja miettiä, millaisia vaatimuksia se asettaa suunniteltavalle tuotteelle. Seuraavaksi ryhdyttiin pohtimaan erilaisia vaihtoehtoja ja niistä valittiin sopivin. Tarvittavat osat suunniteltiin ja tilattiin, valmistettiin tai etsittiin Rantekilta. Lopuksi osista rakennettiin työpiste. Alkukokoonpanopiste on tuotantokäytössä, ja se on todettu toimivaksi.

Jatkokehityksenä alkukokoonpanopisteeseen voisi kehittää nostovarren liikkeen paineilmatoimisena. Tämä säästäisi aikaa, koska työntekijä voisi keskittyä pelkästään kappaleen paikoittamiseen, minkä lisäksi työskentelyn ergonomia paransi. Jos tuoteperheeseen lisätään myöhemmin uusia malleja, onnistuisi alkukokoonpanopisteen muuttaminen niille sopivaksi suunnittelemalla uudet sovitepalat ja tarvittaessa poraamalla asetusreikä apurunkoon.

Jos aikataulu ei olisi ollut niin haastava, olisi rakenteesta voinut suunnitella vielä yksinkertaisemman yhdistelemällä eri osia. Tulos on kuitenkin hyvä ja tarpeen vaatiessa helposti muunneltavissa. Tuotantolinjalle varattu pieni tila oli mielestäni hyvä asia, sillä suunnittelussa se oli otettava koko ajan huomioon ja siksi alkukokoonpanopisteestä tuli niin kompakti. Mikäli Rantekilla ei olisi ollut varastossa liukujohteita tai nostopöytiä, olisi suunnitteluun mennyt enemmän aikaa eikä työpisteestä olisi tullut niin ergonomista. Myös muilta opinnäytetyön tekijöiltä ja Rantekin henkilöstöltä saatu palaute ja ideat olivat tärkeitä, sillä niiden avulla monimutkaiseen ongelmaan löytyi yleensä helppo ja järkevä ratkaisu.

Opinnäytetyötä tehdessä tuli kerrattua tuotekehityksessä tarvittavat välineet sekä 3D-piirtäminen. Opin myös paljon valmistettavuuden ehdoilla suunnittelemisesta ja erilaisista standardiosista. Haasteelliseksi opinnäytetyön teki tiukka

aikataulu, sekä se, että Inventor-kurssia käytiin samaan aikaan, kun sillä piti jo piirtää opinnäytetyöhön liittyviä rakenteita.

## LÄHTEET

1. Hyytinen, Janne 2014. Kokoonpanolinjan layout ja materiaalivirrat. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
2. Lassila, Tomi 2014. Alipainehartsauskammion suunnittelu. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/73622>. Hakupäivä: 22.5.2014.
3. Herronen, Hanna 2014. Kokoonpanolinjan valmistus ja suunnittelu. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71418/Herronen\\_Hanna.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71418/Herronen_Hanna.pdf?sequence=1). Hakupäivä: 22.5.2014.
4. Kurola, Jari-Pekka 2014. Kokoonpanolinjan loppukokoonpanopisteen suunnittelu. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
5. Yritys. 2013 Rantek. Saatavissa: <http://www.rantek.fi/yritys.html>. Hakupäivä 20.5.2014.
6. Osaaminen. 2013 Rantek. Saatavissa: <http://www.rantek.fi/osaaminen.html>. Hakupäivä 20.5.2014.
7. Väyrynen, Seppo 1996. Suunnittelijan ergonomia. Oulu: Kirjapaino Osa-keyhtiö Kaleva.
8. Käsin tehtävät nostot. 2013. Työsuojeluhallinto. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/nostotyö>. Hakupäivä 20.5.2014.
9. Toistotyö. 2013. Työsuojeluhallinto. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/toistotyö>. Hakupäivä 20.5.2014.

10. Toisto –menetelmän kehittäminen 2004. Väline työsuojausvalvonnan käyttöön. Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavissa: <http://pre20090115.stm.fi/hm1084436823559/passthru.pdf> . Hakupäivä 22.5.2014.
11. Ihmisen perusmitat. 2014. Työterveyslaitos. Saatavissa: [http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/erg\\_tiedonlahteet/mitoitus/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/erg_tiedonlahteet/mitoitus/Sivut/default.aspx) Hakupäivä 22.5.2014.
12. Salminen, Antti – Uitti, Sami 1996. Ismien ihmemaa – teollisuusyritysten johtamisopit vertailussa. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy Dark.
13. Kontio, Esa 2012. T318208 Tuotekehitys 8 op. Opintojakson luentomateriaali syksyllä 2012. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
14. Ball rail systems. R310EN 2202 (2009.06) (pdf) Saatavissa: [http://www13.boschrexroth-us.com/goto/pdf/goto\\_ball\\_rail.pdf](http://www13.boschrexroth-us.com/goto/pdf/goto_ball_rail.pdf). Hakupäivä 31.3.2014.
15. Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.
16. Deep groove ball bearings, single row. SKF. Saatavissa: <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?prodid=1050010201&imperial=false>. Hakupäivä 31.3.2014.



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Antti Nivakoski \_\_\_\_\_

Tilaaja Sähkö-Rantek Oy \_\_\_\_\_

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Juha-Matti Rantapää ja Sauli Särkkä \_\_\_\_\_

Työn nimi Tuotantolinjan alkukokoonpanopisteen suunnittelu ja valmistus \_\_\_\_\_

Työn kuvaus Suunnitellaan ja valmistetaan uuteen tuotantolinjaan alkukokoonpanopiste, jossa esivalmistellaan käämi ja liitin, sekä asennetaan ne runkoon. \_\_\_\_\_

Työn tavoitteet

3D-suunnittelu ja rakenteen valmistus \_\_\_\_\_

Tavoiteaikataulu Suunnittelutyö valmis 29.11.2013. Tuotantolinja toiminnassa 28.2.2014.  
Raportti valmis 12.5.2014 \_\_\_\_\_

Päiväys ja allekirjoitukset \_\_\_\_\_

